

水素を燃料に用いる次世代の高効率なエネルギー利用システムの実用化にあたっては、多量の水素を安価に効率よく貯蔵・輸送・供給する手段が不可欠である。大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)を中心とする研究グループは、ミュオンスピン回転緩和共鳴( $\mu$ SR)と呼ばれる分析を行い、水素化アルミニウムナトリウム化合物における水素貯蔵メカニズムと、金属触媒添加による改善効果のメカニズムを解明し、2008年1月に発表した。より多くの水素を吸蔵できる新たな水素吸蔵材料の開発につながると期待されている。

### トピックス 3 ミュオンにより水素吸蔵材料の吸収放出メカニズムを解明

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(以下「KEK」)を中心とする研究グループは、ミュオン(ミュー粒子)<sup>注)</sup>を用いたミュオンスピン回転緩和共鳴( $\mu$ SR)と呼ばれる分析を行うことで、次世代の水素吸蔵材料として期待されている水素化アルミニウムナトリウム化合物の水素貯蔵と、金属触媒添加による改善メカニズムを解明し、2008年1月に発表した<sup>1, 2)</sup>。

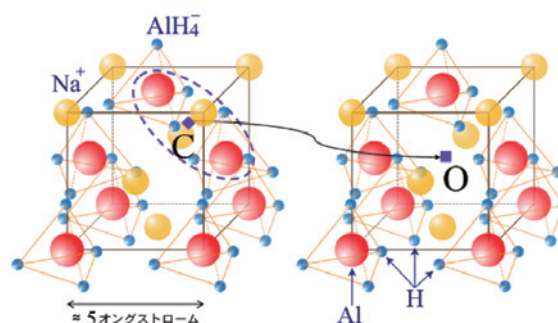
燃料電池自動車などの水素燃料を用いる次世代の高効率エネルギー利用システム実用化には、多量の水素を安価に効率よく貯蔵・輸送・供給する手段が不可欠である。現状は、水素を圧縮・液化してボンベに蓄えるが<sup>3)</sup>、単位体積あたり水素貯蔵量が限られ、エネルギーロスも大きかった。水素吸蔵合金で水素を貯蔵する研究も行われてきたが、重量あたりの水素吸収放出量が小さく(2wt%程度)、軽量コンパクト化できない等の理由で、実用化は困難であった。

代わって近年盛んに研究されているのが、水素化アルミニウムナトリウム( $\text{NaAlH}_4$ )のような無機化合物系水素貯蔵材料である。軽元素の水素化合物に少量の金属触媒を加えて化学結合を制御することで、50～100℃の比較的低温で、効率的に多量の水素を吸収放出(7～8wt%)できる。実用化が期待されているが、水素貯蔵メカニズムや、金属触媒が水素吸蔵能力を改善するメカニズムは、未解明であった。

今回 KEK は、ハワイ大学、(独)産業技術総合研究所と共同で、解明のための実験を行った。まず、水素化アルミニウムナトリウム化合物に、高エネルギー加速器からミュオン(ミュー粒子)を注入し、高感度な  $\mu$ SR 分析によって材料構造解析を行うことで、水素化アルミニウムナトリウム化合物中で、水素が保持される水素貯蔵サイトを特定した。さらに、水素結合によって  $[(\text{AlH}_4)^- \text{H}^+ (\text{AlH}_4)]$  のような複合体が形成されると水素放出が妨げられること、また、チタン触媒の添加によって、水素吸収放出のエネルギー障壁が低がり、吸蔵能力が向上することを解明した。

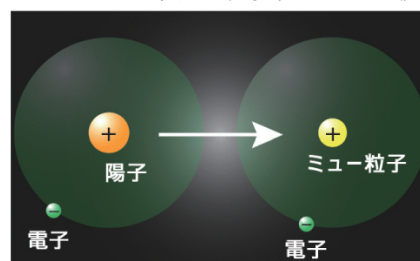
この成果は、水素結合が起こりにくい結晶構造や構成元素選択など、より多くの水素を吸蔵する新たな水素吸蔵材料開発につながると期待される。

図表1 水素化アルミニウムナトリウムの結晶構造



(C の位置が水素貯蔵サイト、O の位置は拡散可能サイト)  
出典：参考文献<sup>1)</sup>

図表2 ミュオン(右)と水素原子(左)の模式図



出典：参考文献<sup>2)</sup>

注 ミュオン(ミュー粒子)：陽子の約9分の1、電子の約200倍の質量を持つ素粒子の一種。寿命は約50万分の1秒で、自然界には安定に存在しないが、加速陽子を黒鉛標的に照射すると発生する。正電荷を持つミュオンは物質中で水素と同様に振舞うことから、極めて高感度の材料構造解析に活用できる。

#### 参 考

- 1) 高エネルギー加速器研究機構プレスリリース(2008年1月16日)：  
<http://www.kek.jp/ja/news/press/2008/NaAlH4.html>
- 2) R. Kadono, et al., "Hydrogen Bonding in Sodium Alanate: A Muon Spin Rotation Study", Phys. Rev. Lett. 100, 026401 (2008)
- 3) 科学技術動向 No.23 2003年2月号「燃料電池自動車普及の鍵を握る 水素貯蔵材料」